

none none none

© EPODOC / EPO

BEST AVAILABLE COPY

PN - JP2242119 A 19900926  
 PD - 1990-09-26  
 PR - JP19890064839 19890315  
 OPD - 1989-03-15  
 TI - OPTICAL FIBER DISPLACEMENT MEASURING SYSTEM  
 IN - YAMAGUCHI MASAYOSHI; HAGIWARA TOSHIO; HAJIMA  
 YASUFUMI; MORI KATSUHIRO  
 PA - SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES; NIPPON STEEL CORP  
 IC - G01B11/16 ; G01D21/00

© PAJ / JPO

PN - JP2242119 A 19900926  
 PD - 1990-09-26  
 AP - JP19890064839 19890315  
 IN - YAMAGUCHI MASAYOSHI; others03  
 PA - SUMITOMO ELECTRIC IND LTD; others01  
 TI - OPTICAL FIBER DISPLACEMENT MEASURING SYSTEM  
 AB - PURPOSE: To enable measurement of a size, position and direction of a displacement based on a force working on a subsoil or the like by connecting folded points at both ends of more than two optical fibers with an optical connector to detect an intensity of a back scattering and a Fresnel reflection.  
 - CONSTITUTION: Optical fibers 3-6 are arranged concentrically on the outer circumference of a center member 2 and fixed with a protective layer 7. The fibers 3-6 are connected to a series length as a whole with optical connectors 8 and each one end thereof is connected to an optical time domain reflectometer (OTDR) 11. Then, a light pulse from a laser diode 112 of the OTDR 11 is sent to a sensor 1 through a light directive connector 113 and reflected light on the connectors 8 being returned and a back scattered light due to a distortion are branched off by the connector 113 to be detected with an avalanche photodiode 114. Then, a CPU 12 distinguishes the optical fibers by Fresnel reflection points through an A/D converter 116 to determine a vector sum of the intensities of back scattering. This enables continuous measurement of a size, position and direction with one measuring device based on a distortion or the like of the subsoil.  
 I - G01D21/00 ; G01B11/16

none none none

⑨ 日本国特許庁(J.P.)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A)

平2-242119

⑫ Int. Cl.

G 01 D 21/00  
G 01 B 11/16

識別記号

D  
Z

庁内整理番号

7809-2F  
7625-2F

⑬ 公開 平成2年(1990)9月26日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 光ファイバ変位計測システム

⑮ 特 願 平1-64839

⑯ 出 願 平1(1989)3月15日

⑰ 発 明 者 山 口 正 義

大阪府大阪市此花区島屋1丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

⑱ 発 明 者 萩 原 寿 夫

東京都港区元赤坂1丁目3番12号 住友電気工業株式会社東京事務所内

⑲ 発 明 者 羽 島 康 文

東京都千代田区大手町2丁目6番3号 新日本製鐵株式会社本社内

⑳ 発 明 者 森 克 博

神奈川県相模原市西橋本5丁目9番1号 新日本製鐵株式会社鉄構海洋事業部内

㉑ 出 願 人 住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

㉒ 出 願 人 新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

㉓ 代 理 人 弁理士 鎌 田 文 二

明 細 書

1. 発明の名称

光ファイバ変位計測システム

2. 特許請求の範囲

(1) 構造物や地盤等に加わる力による変位を測定するセンサとして作用し、長手方向への圧縮又は引張のいずれかにより光伝送損失を生じる構造を有する光ファイバセンサと、この光ファイバセンサの一端からパルス信号を入射し前記変位部等から反射され戻ってくる光信号の光伝送損失を長手方向に測定しかつこの光信号を受信して電気信号に変換する光学時間領域反射測定器OTDRと、この測定器の出力信号を演算処理する演算処理装置CPUと、上記測定結果のデータを表示する表示器とを備え、

前記光ファイバセンサは可撓性を有する中心部材の外周に少なくとも3本の光ファイバ要素あるいは光ファイバ心線を、その中心軸に対して同心円状で等間隔に配置され、かつ前記少なくとも3本の光ファイバの端部はその所着点をそれぞれコ

ネクタにより一連長さとなるように接続したものから成り、

前記OTDRは各光ファイバを区別するためのマーカとして各コネクタ部におけるフレネル反射を時間距離についてそれぞれ検知するように構成され、

前記CPUは所定のプログラムに従って前記OTDRからの信号に基づいて変位部位的位置、大きさ、変位の方向を演算処理するように構成して成る光ファイバ変位計測システム。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、土中に設けたボーリング孔に光ファイバセンサを挿入し、地すべり防止工事等を行なう際に地中の地すべり等による変形を測定する光ファイバ変位計測システムに関する。

(従来の技術)

地すべりによる地盤の変形を測定するシステムとして、土中のボーリング孔に光ファイバセンサを挿入し、その光伝送経路における後方散乱光

の変化の状態を検知してこれを電気信号に変換し、この信号を防災センタのコンピュータへ伝送して信号処理し、これによって地盤の変形を検出する方法が考えられている。

この検出方法によると、光ファイバの一端から入射された光パルスは、土中に挿入された光ファイバ中で散乱が発生し、一部は入射端へ戻ってくる（後方散乱光）。この散乱強度は光ファイバの周囲より加えられる圧力により変化するため、散乱光の強度を計測することにより光ファイバに働く外力を測定できる。また、散乱の発生した点が入射端より遠い程入射端へ戻る時間がかかるため、入射してから戻ってくるまでの時間を測定することによりその変化の生じた部位の位置を知ることができる。

後方散乱光の変化の状態は、OTDR (Optical Time Domain Reflectometer、光学時間領域反射測定器) により測定され、電気信号に変換される。

この場合、センサとして使用される光ファイバは、光ファイバコア、クラッドの外周に半径方向

の力を伝え易いコーティング材を配し、張力による向心力で発生する圧力で伝送損失が発生する特殊な構造の光ファイバを使用している。

〔発明が解決しようとする課題〕

ところで、上述した従来の測定装置により地盤の変位方向を知るためには、例えば円柱状の中心部材の外周上で互いに対向する位置に4本、あるいは8本というように複数本の光ファイバを配置し、各光ファイバ毎に前記測定装置を準備するか、あるいは1組の測定装置に対して切換装置を設け、各光ファイバからの信号を切り換えて検知するという方法が用いられている。

しかしながら、前者の方法では測定装置が複数組必要となるため測定方法が複雑でかつコストが高くなり、後者の方法では連続的な測定ができないという欠点があった。

この発明は、かかる従来の測定方法の欠点を解消し、1台の測定器で多数本の光ファイバの測定を連続的にできるようにし、かつ変位方向を知ることが可能な光ファイバ変位計測システムを提供

することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

そこでこの発明では上記課題を解決するための手段として、構造物や地盤等に加わる力による変位を測定するセンサとして作用し、長手方向への圧縮又は引張のいずれかにより光伝送損失を生じる構造を有する光ファイバセンサと、この光ファイバセンサの一端からパルス信号を入射し前記変位部位等から戻ってくる光信号の光伝送損失を長手方向に測定しかつこの光信号を受信して電気信号に変換する光学時間領域反射測定器OTDRと、この測定器の出力信号を演算処理する演算処理装置CPUと、上記測定結果のデータを表示する表示器とを備え、

前記光ファイバセンサは可撓性を有する中心部材の外周に少なくとも3本の光ファイバ素線あるいは光ファイバ心線を、その中心軸に対して同心円状で等間隔に配置し、かつ前記少なくとも3本の光ファイバの端部はその折返点をそれぞれコネクタにより一連長さとなるように接続したものが

ら成り、

前記OTDRは各光ファイバを区別するためのマーカとして各コネクタ部におけるフレネル反射を時間距離についてそれぞれ検知するように構成され、

前記CPUは所定のプログラムに従って前記OTDRからの信号に基づいて変位部位の位置、大きさ、変位の方法を演算処理するようにした光ファイバ変位計測システムの構成を採用したのである。

前記光ファイバ素線は、シリコン又はアクリル等から成る保護被膜を光ファイバコア、クラッドの外周に被せたものとして設けられる。またその外周にナイロン等の被覆を設けたものが光ファイバ心線となる。

〔作用〕

以上のように構成したこの発明の光ファイバ変位計測システムでは、OTDRから光ファイバセンサの一端に入射される光パルス信号が、光ファイバセンサの任意の点に加わる外力による圧力の

変化によって変位を生ずる部位等で散乱され、その一部が後方散乱光として入射端に戻される。この散乱強度は、一般に光ファイバ中を伝搬する光パルスのパワーに比例する。また、光ファイバセンサの周囲に加えられる圧力により変化するので、この変化を測定することにより光ファイバに働く外力を測定することができる。さらに、散乱の発生した点が入射端より遠い程入射端へ戻る時間がかかるため、入射してから戻ってくるまでの時間を測定することによりその変位の生じた部位の位置を知ることができる。散乱光のレベルを対数表示し、伝送損失はその傾き (dB/km) から、光コネクタによる接続損失はレベル差からそれぞれ求めることができる。

上記後方散乱光とは別に、光コネクタを設けた光ファイバの接続部からはフレネル反射光が同様に入射端に戻される。このフレネル反射光は後方散乱光より40~60dB高いレベルの反射光として区別されるものである。そしてこの発明では光ファイバセンサは少なくとも3本以上の光ファイバを

間隔に縦並び、さらにその外側に保護層7を被せて光ファイバ3、4、5、6を固定するように構成している。

光ファイバ3、4、5、6はシリコン又はアクリル等から成る保護被膜を光ファイバコア、クラッドの外側に被せたものを使用することができる (通常の光通信用に使用されるナイロン被膜を被せたものでなくてもよい)。保護層7は、たとえば熱収縮性チューブから成る。また、光ファイバ3、4、5、6は光コネクタ8により一連長さとなるようにその両端の折返点で接続されている。各光コネクタ8では光信号に対してフレネル反射を生じ、これを受信することによって各光ファイバ3、4、5、6を区別することができる。

前記光ファイバのうち光ファイバ3の端は、光コネクタ9、延長用光ファイバ10を介して光学時間領域反射測定器 (OTDR, Optical Time Domain Reflectometer) 11へ接続され、さらにその出力は演算処理装置 (CPU) 12へ送られ、種々の演算をした後表示器13に表示される。E

その両端を光コネクタで全体として一連長さのものに接続されているから、各光コネクタの接続点から戻されるフレネル反射光をそれぞれ時間距離で計測することによって各光ファイバを区別することができる。このようにして区別された光ファイバの後方散乱光からその歪量の大きさをベクトル和として求めることによって変位の位置と方向をも求めることができる。

#### 〔実施例〕

以下この発明の実施例について添付図を参照して説明する。

第1図に示すように、この発明による光ファイバ変位計測システムは、例えば地盤の変位を計測するのに用いられ、変位を測定するセンサとして光ファイバセンサ1を備えている。この光ファイバセンサ1は、長手方向への圧縮又は引張のいずれかにより光伝送損失を生じる構造とするため、第2図に示すように中心部材2の外周にこの実施例では4本の光ファイバ3、4、5、6をその長手方向に沿ってその中心軸に対して同心円状で等

間隔に縦並び、さらにその外側に保護層7を被せて光ファイバ3、4、5、6を固定するように構成している。

第3図は上記OTDR 11の概略構成を示す図である。パルス発生器111からのパルス信号により発射されるレーザダイオード112からの光パルスは、光方向結合器113を通して延長用光ファイバ10、光ファイバセンサ1へと送られ、センサから戻ってくる各光コネクタのフレネル反射光、光ファイバセンサ1の長手方向に沿って反射される後方散乱光が再び光方向結合器113で分岐され、APD 114 (アバランシェ フォトダイオード) で電気信号に変換され、増幅器115で増幅された後A/D変換器116でデジタル信号として出力される。

以上のように構成したこの発明の実施例の変位計測システムでは、OTDR 11のレーザダイオード112からの光パルス信号が光方向結合器113を通して光ファイバセンサ1内へ入射されると、光ファイバセンサ中で散乱が発生し、一部は後方散乱光として入射端へ戻ってくる。この散乱

強度は、光ファイバセンサの周囲に加えられる圧力により変化するので、散乱光の強度を計測することにより光ファイバに働く外力を測定することができる。散乱の発生した点が入射端より遠い程入射端へ戻る時間がかかるため、入射してから戻ってくるまでの時間を測定することにより、その変位の生じた部分の位置を知ることができる。

また、光ファイバセンサ1の各光ファイバ3、4、5、6の各両端に設けた光コネクタ8、9ではフレネル反射光が生じ同様に入射端へ戻ってくる。このフレネル反射光は後方散乱光より40〜60dB高いレベルの反射光として受光され、従って各コネクタからのフレネル反射光を時間距離について計測すると、第4図のような出力が得られるから、これによって光ファイバ3、4、5、6の区別をすることができる。

光ファイバセンサで計測される地盤の歪量、位置、変位の方角については上記各フレネル反射光のマークで区別される光ファイバに対して、第5図に示すように、各光ファイバで検出される歪量

の大きさのベクトル和から求めることができる。この場合、各光ファイバは長手方向の圧縮又は引張の一方のみについて変位に対応して歪量を検知するから、対向している一方の光ファイバは出力変化を生じ、他方は出力変化が生じない。

以上の測定は、光ファイバセンサ1で測定された上記後方散乱光、フレネル反射光のデータをOTDR11でデジタル化して、CPU12の適当なプログラムに従って演算処理されて、表示器13に表示される。

〔効果〕

以上詳細に説明したように、この発明による光ファイバ変位計測システムでは光ファイバセンサを少なくとも3本以上の光ファイバから形成し、その両端の折返点を光コネクタにより接続してこの光コネクタにおけるフレネル反射光を時間距離について求めることにより各光ファイバを区別し、それぞれ区別された光ファイバのいずれかの点で、光ファイバセンサの外周に加えられる外力による変位の大きさ（歪量）、位置、方向を求めるため、

各光ファイバの後方散乱強度を計測してこれらのベクトル和を、OTDRを介して送られてくるデジタル信号によりCPU内の適当なプログラムにより求め、これによって前記変位の大きさ、位置、方向を得るようにしたから、1台の測定器でこれら求めるべきデータを連続して測定でき、極めて経済的な変位測定器を提供することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

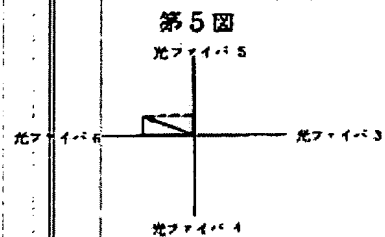
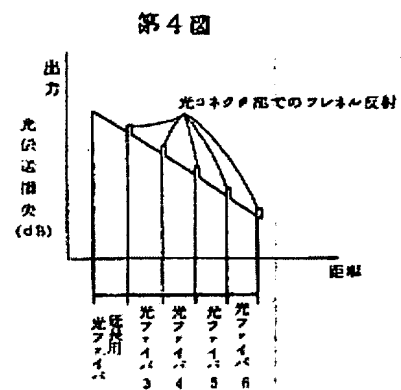
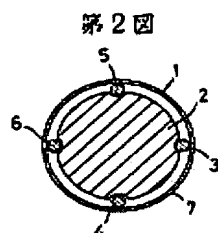
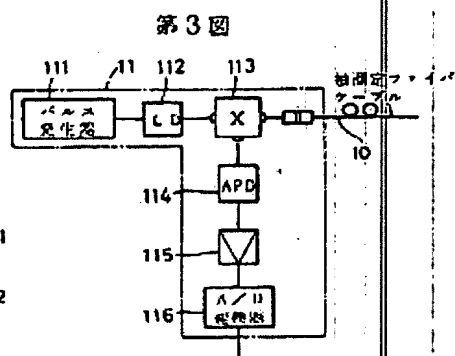
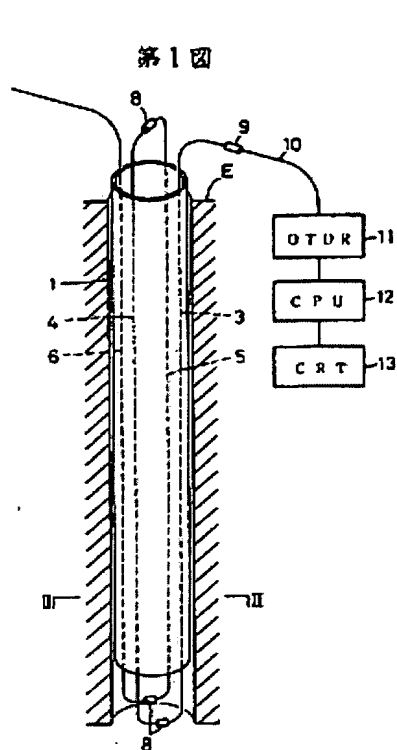
第1図はこの発明による光ファイバ変位計測システムの全体概略図、第2図は第1図の光ファイバセンサ1の線II-IIから見た断面図、第3図はOTDRの概略構成図、第4図は光コネクタによるフレネル反射光の強度分布図、第5図は光ファイバから変位の方角、歪量の求め方を説明する図である。

- 1……光ファイバセンサ、
- 2……中心部材、
- 3、4、5、6……光ファイバ、
- 7……保護層、 8、9……光コネクタ、
- 10……延長用光ファイバ、

- 10……延長用光ファイバ、
- 11……OTDR、 12……CPU、
- 13……表示器、 R……地盤。

特許出願人 住友電気工業株式会社  
同 新日本製鐵株式会社

同 代理人 雄 田 文 二



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**